

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3315611号  
(P3315611)

(45) 発行日 平成14年 8 月 19 日 (2002. 8. 19)

(24) 登録日 平成14年 6 月 7 日 (2002. 6. 7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 0 5 B 7/04  
B 0 8 B 3/02  
H 0 1 L 21/304  
識別記号  
6 4 3  
6 4 7

F I  
B 0 5 B 7/04  
B 0 8 B 3/02  
H 0 1 L 21/304  
G  
6 4 3 C  
6 4 7 Z

請求項の数11(全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平8-321963  
(22) 出願日 平成 8 年 12 月 2 日 (1996. 12. 2)  
(65) 公開番号 特開平10-156229  
(43) 公開日 平成10年 6 月 16 日 (1998. 6. 16)  
審査請求日 平成11年 6 月 30 日 (1999. 6. 30)

(73) 特許権者 000006013  
三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号  
(73) 特許権者 000208167  
大陽東洋酸素株式会社  
大阪府大阪市西区鞆本町 2 丁目 4 番 11 号  
(72) 発明者 菅野 至  
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号  
三菱電機株式会社内  
(72) 発明者 多田 益太  
大阪府大阪市西区鞆本町二丁目 4 番 11 号  
大陽東洋酸素株式会社内  
(74) 代理人 100082175  
弁理士 高田 守 (外 1 名)

審査官 早野 公恵

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 洗浄用 2 流体ジェットノズル及び洗浄装置ならびに半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 加圧されたガスと液体とを混合して液滴を形成する混合部と、  
前記混合部の一端に接続され前記液滴を気中に噴射する加速管部とを備え、  
前記混合部の前記ガスの流通路の最小部分の断面積を前記加速管部の流通路の最小部分の断面積より大きく形成するとともに、  
前記加速管部は、長さが 3.0 ～ 20.0 mm、管内の断面積が 3 mm<sup>2</sup> 以上 15 mm<sup>2</sup> 以下の円形直管形状を有し、  
前記混合部は、長さが 3 ～ 5.0 mm、部内の断面積が 7 mm<sup>2</sup> 以上 10.0 mm<sup>2</sup> 以下の円形直管形状を有していることを特徴とする洗浄用 2 流体ジェットノズル。

【請求項 2】 前記混合部は、

前記ガスが通過する第 1 の管路と、  
この第 1 の管路の外側から該第 1 の管路の側壁を貫通し、その中を前記液体が通過する第 2 の管路とを備えるとともに、  
前記第 2 の管路の先端部に垂直な位置付近から加速管部と接続する方向に徐々に断面積を縮小するように形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の洗浄用 2 流体ジェットノズル。  
【請求項 3】 前記混合部は、  
前記ガスが通過する第 1 の管路と、  
この第 1 の管路の中に配設され前記液体を噴出する第 2 の管路と、  
この第 2 の管路の中に配設され前記ガスを噴出する第 3 の管路とを備え、  
前記第 2 の管路の先端部に垂直な位置付近から加速管部

と接続する方向に徐々に断面積を縮小するように形成されているとともに、

前記第2の管路の先端部は前記第3の管路の先端部よりも突出していることを特徴とする請求項1に記載の洗浄用2流体ジェットノズル。

【請求項4】 前記第1の管路を流れるガス及び第2の管路から噴出される液体の方向は、前記液滴の噴射方向と同一であることを特徴とする請求項3に記載の洗浄用2流体ジェットノズル。

【請求項5】 加圧されたガスと液体とを混合して液滴を形成する混合部と、

前記混合部の一端に接続され前記液滴を気中に噴射する加速管部とを備え、

前記混合部の前記ガスの流通路の最小部分の断面積を前記加速管部の流通路の最小部分の断面積より大きく形成するとともに、

前記加速管部は、その内径が前記混合部との接続側から前記液滴の噴射方向に向かって徐々に大きくなるラバーズノズル形状で、長さが30～200mm、前記管内の絞り部の断面積が $3\text{mm}^2$ 以上 $10\text{mm}^2$ 以下、前記管内の先端部の断面積が $6\text{mm}^2$ 以上 $20\text{mm}^2$ 以下の空間を有していることを特徴とする洗浄用2流体ジェットノズル。

【請求項6】 前記混合部に供給されるガス流入口の断面積が前記加速管部の断面積より大きく形成されていることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の洗浄用2流体ジェットノズル。

【請求項7】 前記加速管部の先端部に、液滴の噴射方向と略直交する方向に整流板を備えたことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の洗浄用2流体ジェットノズル。

【請求項8】 請求項1ないし7のいずれか1項に記載の洗浄用2流体ジェットノズルと、前記洗浄用2流体ジェットノズルの混合部に接続されて加圧ガスを供給するガス供給手段と、前記洗浄用2流体ジェットノズルの混合部に接続されて加圧液体を供給する液体供給手段とを備えたことを特徴とする洗浄装置。

【請求項9】 前記洗浄用2流体ジェットノズルの加速管部の先端を、被洗浄材表面から5～50mm離れた位置に配置するようにしたことを特徴とする請求項8に記載の洗浄装置。

【請求項10】 前記2流体ジェットノズルに供給するガス及び液体の供給圧力を、それぞれ1～10kgf/cm<sup>2</sup>としたことを特徴とする請求項8または9に記載の洗浄装置。

【請求項11】 請求項8ないし10のいずれか1項に記載の洗浄装置を用いた半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、洗浄用2流体ジ

ェットノズルに関するものであり、さらに詳しくは、半導体基板等の上に付着している汚染物を除去する洗浄用2流体ジェットノズルに関するものである。この発明は、またこの洗浄用2流体ジェットノズルを用いて基板上に付着している汚染物を除去する洗浄装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に半導体の製造過程において、半導体ウエハの表面上に種々の汚染物が付着する。例えば、半導体ウエハの上にCVD法またはスパッタ法により絶縁膜や金属膜を形成すると、その表面にパーティクル状の汚染物が付着する。また、ドライエッチングによるパターン形成後にはエッチング残さ（レジスト残さ）や金属汚染物が付着する。これらの汚染物を除去する方法として、従来から高圧ジェット水洗浄、アイススクラバー洗浄、及び洗浄用2流体ジェットノズルを用いた液滴噴射の洗浄が提案されている。

【0003】図17は、高圧ジェット水洗浄と呼ばれる方法による従来の洗浄装置の模式図である。この洗浄装置では、ステージ6のうえに半導体ウエハ5を保持し、これをモーター7により回転させる。この半導体ウエハ5に対して、純水加圧器68より配管を通して接続されている高圧ジェットノズル69が配置されている。この洗浄方法においては、まず、純水加圧器68によって純水等の液体を50～100kgf/cm<sup>2</sup>（kg重/cm<sup>2</sup>）の高圧に加圧し、配管を通して高圧ジェットノズル69に供給する。高圧ジェットノズル69には、直径0.1mm程度の孔があり、ここから液体が連続的に半導体ウエハ5に噴出される。噴出された液体が半導体ウエハ5の表面に衝突することによって、半導体ウエハ5の表面に付着している汚染物が除去され、洗浄が行われる。

【0004】この洗浄方法の問題点は、洗浄力が低く、1μm以下のパーティクルを十分に除去できないことである。洗浄力を高めるには、液体をより高圧に加圧して、高圧ジェットノズル69からの液体の噴出速度を高くすればよいが、純水加圧器68が大型の装置になり、経済的に得策ではない。具体例としては、液体の供給圧力が100kgf/cm<sup>2</sup>の場合、液体の噴出速度は、約130m/secとなる。

【0005】図18は、従来の洗浄用2流体ジェットノズル70の断面図である。洗浄用2流体ジェットノズル70は、その中をガスが通過する第1の管路72と、第1の管路72の外側から、第1の管路72の側壁を貫通し、第1の管路72内にまでその先端部が延び、その中を液体が通過する第2の管路73とを備えている。第2の管路73の先端部は、第1の管路72が延びる方向と同じ方向に延びている。

【0006】この洗浄用2流体ジェットノズル70を用いた、例えば半導体ウエハ用の洗浄装置の構成の模式図

10

20

30

40

50

を図 1 9 に示す。この洗浄装置は、洗浄カップ 8 と、洗浄カップ 8 内の半導体ウエハ 5 を保持するステージ 6 と、このステージ 6 を回転させるモーター 7 と、液滴を半導体ウエハ 5 の表面に向けて噴出する洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 と、洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 に加圧したガスを供給するガス供給手段 2 a と、洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 に加圧した液体を供給する液体供給手段 3 a とを備えている。洗浄カップ 8 には排気口 9 が接続されている。また、洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 を保持し、移動させるロボットアーム 4 を備えている。

【0 0 0 7】次にこの洗浄装置の動作について説明する。半導体ウエハ 5 をステージ 6 に固定し、所定の回転数で回転する。ガス供給手段 2 a から加圧したガスを、また液体供給手段 3 a から加圧した液体をそれぞれ洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 に供給する。洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 では、図 1 8 に示すように、ガスと液体とが混合され、液体は粒状の液滴 1 に変化し、第 1 の管路 7 2 内の図中 a - b 間でガスの流れによって加速され、第 1 の管路 7 2 の先端から噴出される。噴出した液滴 1 は、図 1 9 に示すように、半導体ウエハ 5 の表面に衝突し、半導体ウエハ 5 の表面上に付着している汚染物を除去する。半導体ウエハ 5 から除去された汚染物と、半導体ウエハ 5 の表面衝突後に飛散した液滴 1 と、洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 から噴出したガスとが、排気口 9 より洗浄カップ 8 内から排出される。洗浄時、半導体ウエハ 5 の全面を洗浄するために、洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 を保持し、移動させるロボットアーム 4 によって、洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 を半導体ウエハ 5 の表面に沿って水平方向に移動させている。

【0 0 0 8】この洗浄装置は、上述の高圧ジェット水洗浄に比べて洗浄力が高い。また、従来のアイスクラバー洗浄よりランニングコストが安い。また、この洗浄装置は、洗浄力を広範囲に制御できるので、微細パターンの破壊がなく、また硬度の小さい金属膜に損傷を与えることがない。しかし、アイスクラバー洗浄と比べて洗浄効果が低いという問題点がある。この理由を次に説明する。

【0 0 0 9】洗浄用 2 流体ジェットノズルでの洗浄において、その洗浄力は液滴の速度に対応する。液滴の速度は、ガスの流量と、液体の流量と、洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 の第 1 の管路 7 2 内の図中 a - b 間の距離と、この間の第 1 の管路 7 2 の内側の断面積とによって決定される。例えば、ガスの流量を  $200\text{ L/min}$ 、液体の流量を  $100\text{ mL/min}$ 、a - b 間の距離を  $100\text{ mm}$ 、第 1 の管路 7 2 の内径を  $4.35\text{ mm}$  とすると、液滴の速度は  $224\text{ m/sec}$  となる。通常洗浄用 2 流体ジェットノズルの形状は固定されているので、液滴の速度は、ガスの流量と、液体の流量によって決定さ

れるが、特に体積が大きいガスの流量に支配される。

【0 0 1 0】図 1 8 に示されているように、第 1 の管路 7 2 は直管であり、ガスが通過する第 2 の管路 7 3 の外側の第 1 の管路 7 2 の内部断面積は、図中 a - b 間の内部断面積より小さくなる。従って、ガスの流量は、第 2 の管路 7 3 の外側の、通路の一番狭い第 1 の管路 7 2 の内部断面積によって律速される。すなわち、その速度が制限される。通常ガスの供給圧力は、最大  $10\text{ kgf/cm}^2$  までであり、特に半導体製造工場では最大  $7\text{ kgf/cm}^2$  程度までを使用している。例えば、第 2 の管路 7 3 の外径を  $3.2\text{ mm}$  とすると、ガスが流れる第 2 の管路 7 3 の外側の、第 1 の管路 7 2 の内部断面積は  $6.8\text{ mm}^2$  となる。ガスの供給圧力を  $7\text{ kgf/cm}^2$  とすると、ガスの流量は約  $200\text{ L/min}$  となる。この場合の液滴の速度は、上記のように  $224\text{ m/sec}$  となる。

【0 0 1 1】洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 の先端の部分で、図中 a - b 間のような直管形状の場合、この中を流れるガスの速度は、ガスの流量を多くすると基本的に音速度の約  $330\text{ m/sec}$  まで可能である。しかしながら、図 1 8 の形状の洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 において、通常使用されるガスの供給圧力である最大  $7\text{ kgf/cm}^2$  までの範囲では、液滴の速度は音速度まで達しない。洗浄力は液滴の速度に依存しているので、この洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 の洗浄力は、通常使用しているガスの供給圧力範囲では低い。

【0 0 1 2】ガスの供給圧力を通常使用範囲より高くすると、ガスの流量が増し、液滴の速度は高まるが、最大値は上述のように音速度である。後で述べるが、アイスクラバー洗浄の場合の氷粒子と本洗浄の場合の液滴とでは、氷と液（例えば水）との物性値の違いにより、氷粒子と液滴との衝突速度が同じ場合、洗浄力はアイスクラバー洗浄の方が高い。アイスクラバー洗浄において、氷粒子の速度は最大音速度まで達することが可能であるので、この洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 の洗浄力は、アイスクラバー洗浄を上回ることができない。

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 1 3】また、この洗浄装置の問題点は、洗浄カップ 8 の排気量を大きくするため経済的でないことと、排気を十分に行うために、洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 の半導体ウエハ 5 表面との角度を  $60^\circ$  以下にしており、このため洗浄力が十分でなく、また微細パターンへのダメージ制御が困難となることである。半導体ウエハ 5 から一旦除去された汚染物が、半導体ウエハ 5 の表面へ再付着しないために、除去された汚染物と液滴 1 とガスとを排気口 9 より洗浄カップ 8 内から排出させなければならない。このために、排気口 9 は洗浄用 2 流体ジェットノズル 7 0 の噴出口と対向した位置に配置し、十分な排気量が必要である。具体的には、図 1 9 の洗浄装置の場合、排気量は約  $5\text{ m}^3/\text{min}$  以上必要

である。

【0014】また、洗浄用2流体ジェットノズル70の半導体ウエハ5との角度が $60^\circ$ 以上の場合、液滴とガスの噴流は半導体ウエハ5の表面で反射して、洗浄カップ8の上部開口から上に飛散し、半導体ウエハ5の表面に汚染物を再付着させる。洗浄力は、液滴の衝突角度が垂直に近いほど高く、また微細パターンへのダメージの程度は、液滴の衝突角度が垂直に近いほど小さくなる。液滴の衝突角度によって、微細パターンが受ける力（外力）が変わり、微細パターンへのダメージの程度が変化

する。従って、半導体ウエハ5に対して斜めから液滴を噴出すると、半導体ウエハ5の表面上で液滴の衝突角度の違いが出て、微細パターンへのダメージを制御することが困難となる。

【0015】また、このような洗浄における問題点は、半導体ウエハのみならず液晶基板、フォトマスク等の基板の上に付着している汚染物を除去する場合においても生じていた。

【0016】上述のように、従来の洗浄装置では、半導体材料などに対する洗浄力が低く、特に微細な付着物を十分に除去できないという問題があった。また、半導体材料などに対するダメージを十分に制御できないという問題があった。

【0017】それゆえに、この発明の目的は、半導体基板等の表面上に付着している汚染物を強力に除去する洗浄用2流体ジェットノズル、及びこれを用いた洗浄装置を提供することにある。この発明の他の目的は、基板等の上に付着している $1\mu\text{m}$ 以下の微小異物を除去することができるよう改良された洗浄用2流体ジェットノズル、及び洗浄装置を提供することにある。

【0018】この発明のさらに他の目的は、液滴の噴出速度が音速度を越えることができるように改良された洗浄用2流体ジェットノズル、及び洗浄装置を提供することにある。この発明のさらに他の目的は、ランニングコストの安い洗浄装置を提供することにある。

【0019】この発明のさらに他の目的は、基板等の表面に損傷を与えずに、基板等の表面上に付着している汚染物を除去できるように改良された洗浄用2流体ジェットノズル、及び洗浄装置を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】この発明の洗浄用2流体ジェットノズルは、請求項1に記載のように、加圧されたガスと液体とを混合して液滴を形成する混合部と、前記混合部の一端に接続され前記液滴を気中に噴射する加速管部とを備え、前記混合部の前記ガスの流通路の最小部分の断面積を前記加速管部の流通路の最小部分の断面積より大きく形成するとともに、前記加速管部は、長さが $30\sim 200\text{mm}$ 、管内の断面積が $3\text{mm}^2$ 以上 $15\text{mm}^2$ 以下の円形直管形状を有し、前記混合部は、長さが $3\sim 50\text{mm}$ 、部内の断面積が $7\text{mm}^2$ 以上 $100\text{mm}^2$ 以下の円形直管形状を有していることを特徴とするものである。

$\text{m}^2$ 以下の円形直管形状を有していることを特徴とするものである。

【0021】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルは、請求項2に記載のように、前記混合部は、前記ガスが通過する第1の管路と、この第1の管路の外側から該第1の管路の側壁を貫通し、その中を前記液体が通過する第2の管路とを備え、前記第2の管路の先端部に垂直な位置付近から加速管部と接続する方向に徐々に断面積を縮小するように形成されていることを特徴とするものである。

【0022】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルは、請求項3に記載のように、前記混合部は、前記ガスが通過する第1の管路と、この第1の管路の中に配設され前記液体を噴出する第2の管路と、この第2の管路の中に配設され前記ガスを噴出する第3の管路とを備え、前記第2の管路の先端部に垂直な位置付近から加速管部と接続する方向に徐々に断面積を縮小するように形成されているとともに、前記第2の管路の先端部は前記第3の管路の先端部よりも突出していることを特徴とするものである。

【0023】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルは、請求項4に記載のように、前記第1の管路を流れるガス及び第2の管路から噴出される液体の方向は、前記液滴の噴射方向と同一であることを特徴とするものである。

【0024】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルは、請求項5に記載のように、加圧されたガスと液体とを混合して液滴を形成する混合部と、前記混合部の一端に接続され前記液滴を気中に噴射する加速管部とを備え、前記混合部の前記ガスの流通路の最小部分の断面積を前記加速管部の流通路の最小部分の断面積より大きく形成するとともに、前記加速管部は、その内径が前記混合部との接続側から前記液滴の噴射方向に向かって徐々に大きくなるラバースノズル形状で、長さが $30\sim 200\text{mm}$ 、前記管内の絞りの断面積が $3\text{mm}^2$ 以上 $10\text{mm}^2$ 以下、前記管内の先端部の断面積が $6\text{mm}^2$ 以上 $20\text{mm}^2$ 以下の空間を有していることを特徴とするものである。

【0025】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルは、請求項6に記載のように、前記混合部に供給されるガス流入口の断面積が前記加速管部の断面積より大きく形成されていることを特徴とするものである。

【0026】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルは、請求項7に記載のように、前記加速管部の先端部に、液滴の噴射方向と略直交する方向に整流板を備えたことを特徴とするものである。

【0027】また、この発明の洗浄装置は、請求項8に記載のように、請求項1ないし7のいずれか1項に記載の洗浄用2流体ジェットノズルと、前記洗浄用2流体ジェットノズルの混合部に接続されて加圧ガスを供給する

ガス供給手段と、前記洗浄用 2 流体ジェットノズルの混合部に接続されて加圧液体を供給する液体供給手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0028】また、この発明の洗浄用 2 流体ジェットノズルは、請求項 9 に記載のように、前記洗浄用 2 流体ジェットノズルの加速管部の先端を、被洗浄材表面から 5 ～ 50 mm 離れた位置に配置するようにしたことを特徴とするものである。

【0029】また、この発明の洗浄装置は、請求項 10 に記載のように、前記 2 流体ジェットノズルに供給するガス及び液体の供給圧力を、それぞれ 1 ～ 10 kgf/cm<sup>2</sup> としたことを特徴とするものである。

【0030】また、この発明の半導体装置の製造方法は、請求項 11 に記載のように、請求項 8 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の洗浄装置を用いることを特徴とするものである。

【0031】

【0032】

【0033】

【0034】

【発明の実施の形態】以下この発明の実施の形態を、図について説明する。なお、各図を通して同一の符号は、同一または相当の部分を示す。

実施の形態 1. 図 1 は、この発明の実施の形態に係る、洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 の構造を示す断面図である。これは、加圧されたガスと液体とを混合して形成した液滴を、気中において噴射し、被洗浄物表面に衝突させることにより洗浄を行うものである。この洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 は、ノズル先端の部分で液滴の加速を図る加速管 11 を有する加速部 A と、加圧されたガスと液体を混合して液滴を形成する混合管 12 を有する混合部 B とから構成されている。混合管 12 には、加圧されたガスの流入口 2 と液体の流入口 3 が設けられている。

【0035】この洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 の特徴は、液滴を噴出するノズル先端の加速管 11、すなわち図中 a - b 間が円形直管形状で、長さが 30 ～ 200 mm、管内の断面積が 3 ～ 15 mm<sup>2</sup> であることである。また、加圧されたガス及び液体が各々配管を通して混合される混合管 12、すなわち図中 b - c 間は、円形直管形状で、長さが 3 ～ 50 mm、断面積が 7 ～ 100 mm<sup>2</sup> の空間を有していることである。さらに、前記混合管 12 に供給されるガスの流入口 2 の断面積が 7 ～ 200 mm<sup>2</sup>、また液体の流入口 3 の断面積が 0.01 ～ 20 mm<sup>2</sup> であることである。

【0036】具体的な例としては、ノズル先端の加速管 11 は、図中 a - b 間の長さが 100 mm、管内の断面積が 7 mm<sup>2</sup> であり、混合管 12 は、図中 b - c 間の長さが 30 mm、断面積が 20 mm<sup>2</sup> の空間を有しており、ガスの流入口 2 の断面積が 15 mm<sup>2</sup>、液体の流入

口 3 の断面積が 5 mm<sup>2</sup> である。

【0037】図 2 は、前記洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 を備えた、例えば半導体ウエハ用の洗浄装置の構成を示す模式図である。この洗浄装置は、半導体ウエハ 5 の表面上に付着している汚染物を除去するものである。この洗浄装置は、洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 に接続され、洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 にガス、及び液体を加圧供給するガス供給手段 2 a、及び液体供給手段 3 a を備える。また、この装置は、半導体ウエハ 5 を保持するステージ 6 と、ステージ 6 を回転させるモーター 7 と、洗浄時の水滴の飛散を防止する洗浄カップ 8 とを備えている。洗浄カップ 8 には排気口 9 が接続されている。また、洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 を保持し、移動させるロボットアーム 4 を備えている。

【0038】次にこの洗浄装置の動作について説明する。半導体ウエハ 5 をステージ 6 に固定し、モーター 7 により所定の回転数で回転する。ガス供給手段 2 a からの加圧したガスと、液体供給手段 3 a からの加圧した液体は、図 1 に示すように、ガス流入口 2、及び液体流入口 3 を通って洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 の混合管 12 内に供給される。洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 内の混合部 B では、すなわち混合管 12 の図中 b - c 間では、ガスと液体とが混合され、液体は粒状の液滴 1 に変化する。液滴 1 は、洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 内のノズル先端の加速部、すなわち加速管 11 の図中 a - b 間でガスの流れによって加速され、粒径は更に小さくなり、ノズル先端から噴出される。

【0039】噴出した液滴 1 は、図 2 に示すように、半導体ウエハ 5 表面に衝突し、半導体ウエハ 5 表面上に付着している汚染物を除去する。半導体ウエハ 5 から除去された汚染物と、半導体ウエハ 5 の表面衝突後に飛散した液滴 1 と、洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 から噴出したガス流とは、排気口 9 より洗浄カップ 8 内から排出される。洗浄時、半導体ウエハ 5 全面を洗浄するために、洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 を保持し、移動させるロボットアーム 4 によって、洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 を半導体ウエハ 5 の表面に沿って水平方向に移動させている。

【0040】図 3 は、図 18 に示した従来の洗浄用 2 流体ジェットノズル 70 と比較した、この実施の形態の洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 のガスの供給圧力とガスの流量との関係（流量特性）を示すグラフである。図 3 において、流量線 3-1 は、図 1 に示したこの実施の形態の洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 のガス流量を示すもので、先に具体例として説明したように、加速部 A の内径が 3 mm（断面積は 7 mm<sup>2</sup>）、混合部 B の内部断面積が 20 mm<sup>2</sup> のものである。また、流量線 3-2 は、図 18 に示した従来の洗浄用 2 流体ジェットノズル 70 のガス流量を示すもので、先に具体例として説明したように第 1 の管路 72 の内径が 4.35 mm（断面積

は  $15\text{ mm}^2$ ）、第2の管路73の外径が  $6.8\text{ mm}$ 、第2の管路73の外側の第1の管路72の内部断面積が  $6.8\text{ mm}^2$  のものである。

【0041】図3から解るように、ガスの供給圧力が同じ場合、従来の洗浄用2流体ジェットノズル70と比較して、本発明の洗浄用2流体ジェットノズル10は、ガスの流量が大きくなる。これは、従来の技術の説明で述べたように、図18に示した従来の洗浄用2流体ジェットノズル70では、第1の管路72は直管であり、第2の管路73の外側の、ガスが通過する第1の管路72の内部断面積は、図中a-b間の断面積より小さくなる。従って、ガスの流量は、第2の管路73の外側の、通路の一番狭い、第1の管路の内部断面積によって律速されて、すなわち速度が制限されて、少なくなる。

【0042】図4は、従来の洗浄用2流体ジェットノズル70と比較した、この実施の形態の洗浄用2流体ジェットノズル10のガスの供給圧力と液滴の噴出速度との関係を示すグラフである。図4において、速度線4-1は、この実施の形態の洗浄用2流体ジェットノズル10の液滴の噴出速度を示し、速度線4-2は、従来の洗浄用2流体ジェットノズル70の液滴の噴出速度を示す。図4から解るように、ガスの供給圧力が同じ場合、従来の洗浄用2流体ジェットノズル70と比較して、本発明の洗浄用2流体ジェットノズル10は液滴の噴出速度が速くなる。

【0043】具体的な例として、先に説明したのと同様に、従来の洗浄用2流体ジェットノズル70のノズル先端部の内径が  $4.35\text{ mm}$ （断面積は  $15\text{ mm}^2$ ）、本発明の洗浄用2流体ジェットノズル10のノズル先端部の加速管11の内径が  $3\text{ mm}$ （断面積は  $7\text{ mm}^2$ ）の場合を想定する。本発明の洗浄用2流体ジェットノズル10での液滴の噴出速度は、ガスの供給圧力が約  $3\text{ kgf/cm}^2$  で音速度に達することができる。従来の洗浄用2流体ジェットノズル70での液滴の噴出速度は、ガスの供給圧力が約  $7\text{ kgf/cm}^2$  で、 $224\text{ m/sec}$  である。従来の洗浄用2流体ジェットノズル70で音速度に達するには、ガスの供給圧力が  $10\text{ kgf/cm}^2$  以上必要である。従って、本発明の洗浄用2流体ジェットノズルは、ガスの供給圧力がより低圧で液滴の噴出速度を高めることができる。

【0044】図5は、本発明の洗浄用2流体ジェットノズル10のノズル先端の加速部A、すなわち加速管11の図1中のa-b間の長さで液滴の噴出速度との関係を示すグラフである。図5から解るように、洗浄用2流体ジェットノズル10のノズル先端の加速部Aの長さが  $30\text{ mm}$  以下では、液滴の噴出速度は遅い。これは、洗浄用2流体ジェットノズル10の混合部Bで形成された液滴1が、ノズル先端の加速部Aが短いために、ガスの流れによる加速を十分に受けられないためである。また、洗浄用2流体ジェットノズル10のノズル先端の加速部

Aの長さが  $200\text{ mm}$  以上では、液滴の噴出速度は緩やかに遅くなる。これは、ノズル先端の加速部Aが長いために、配管内の流体抵抗によってガスの流量が低下するためである。従って、洗浄用2流体ジェットノズル10のノズル先端の加速部Aの長さは、 $30\sim 200\text{ mm}$  が適当である。

【0045】図6は、洗浄用2流体ジェットノズルの液滴の噴出速度と洗浄力との関係を、汚染物の除去率によって示した示すグラフである。図6より明らかなように、洗浄力は液滴の噴出速度に比例して大きくなる。

【0046】図7は、この発明の洗浄用2流体ジェットノズル10のノズル先端の加速部Aの管内の断面積を変化させた場合の、液体の流量と洗浄力との関係を、汚染物の除去率によって示したグラフである。図7において、曲線7-1、7-2、7-3は、それぞれノズル先端の加速管11の内部断面積が、 $3\text{ mm}^2$ 、 $5\text{ mm}^2$ 、 $7\text{ mm}^2$  の場合の洗浄力の変化を示すものである。このグラフは、ノズル先端の加速部Aの管内の断面積のみを変えた洗浄用2流体ジェットノズルにおいて、ガスの供給圧力を一定にして、液体の流量を変化させたものである。従って、ノズル先端の加速管11の管内の断面積が大きい場合、ガスの流量は多くなる。

【0047】図7に見るように、液体の流量が少ない場合、洗浄力は小さくなる。これは、液滴の個数が少ないので洗浄効率が低下したためである。この条件下で、十分な除去率を得るための液体の流量は約  $100\text{ mL/min}$  以上必要である。また、液体の流量が多い場合、洗浄力は緩やかに小さくなる。これは、あるガスの流量に対して、十分に加速できる液滴の量は限られているため、液体の流量が多すぎて、液滴の速度が遅くなったためである。

【0048】また、ノズル先端の加速部Aの管内の断面積が小さいと、ガスの流量が少ないため、十分に加速できる液滴の量、つまり液体の流量は少なくなり、除去率は低い。これに対し、ノズル先端の加速部Aの管内の断面積が大きいと、ガスの流量が多いため、十分に加速できる液滴の量、つまり液体の流量は多くなり、除去率は高くなる。ただし、ノズル先端部の管内の断面積が大き過ぎると、ガスの流量が多くランニングコストが高くなり経済的に得策ではない。また、ガスの流量が多くなり、洗浄カップ8内の排気を十分に行うための排気量を増やす必要があり、ランニングコストが高くなり経済的に得策ではない。これらを考慮すると、ノズル先端の加速管11の管内の断面積は  $3\text{ mm}^2$  以上とすることが適当である。また、その断面積は実際的には、 $3\sim 15\text{ mm}^2$  程度が実用的であり、実験等によればおよそ  $7\text{ mm}^2$  程度が最適となる。さらに、流体抵抗を小さくするため、ノズル先端の加速部Aの形状は円管で、かつ直管が好ましい。

【0049】加圧されたガス及び液体が各々配管を通し

10

20

30

40

50

て混合されるノズル混合部Bの断面積は、少なくともノズル先端の加速部Aの管内の断面積より大きくなければならない。ノズル先端の加速部Aの管内の断面積より小さい場合には、混合部Bでガスの流量が絞られて、十分な洗浄力を得るための液滴の速度に達しない。また、混合部Bの断面積が大きすぎる場合は、混合部での液滴の微細化が十分になされず、洗浄効率が低くなる。混合部Bの長さが短いと、混合部Bでの液滴の加速が不足して、十分な洗浄力を得られない。また、混合部Bの長さが長いと、混合部Bでの流体抵抗が高くなり、ガスの流量が少なくなって十分な洗浄力を得られない。従って、これらを考慮すると、混合部Bの断面積は、少なくともノズル先端の加速部Aの適切な管内断面積の最小値  $3\text{mm}^2$  より大きくなければならず、従って  $3\text{mm}^2$  以上が適当である。また、実用的には  $3\sim 200\text{mm}^2$  が適当である。また、混合部Bの長さは  $3\sim 50\text{mm}$  が実用的である。さらにまた、流体抵抗を小さくするため、混合部Bの形状は円管が好ましい。

【0050】前記混合部Bに供給されるガスの流入口2の断面積は、ガスの流量を絞らないように、少なくともノズル先端の加速部Aの管内の断面積の最小部分より大きく、また、構造上混合部Bの断面積と同等以下にしなければならない。従って、ガス流入口2の断面積は、加速部Aの適切な管内断面積の最小値  $3\text{mm}^2$  より大きく、少なくとも  $3\text{mm}^2$  以上とする必要がある。また、実用的には、 $7\sim 200\text{mm}^2$  程度が適当である。また、液体の流入口3の断面積は、十分な除去率を得るための最低限の液体の流量、約  $100\text{mL}/\text{min}$  以上を流すための大きさが必要である。このためには、理論的にも液体流入口3の断面積は  $0.04\text{mm}^2$  以上あればよい。また、混合部Bでの液滴の微細化と、液滴の初速度を高めるために、あまり大きすぎない方がよい。実用的には  $0.04\sim 20\text{mm}^2$  程度が適当である。

【0051】次に、本発明による洗浄用2流体ジェットノズルの動作、作用の基本的概念を、図8を用いて説明する。図8は、噴射された液滴による洗浄作用を説明するための図である。先ず、図8(a)に示すように、液滴1が半導体ウエハ5の表面へ  $V_0$  の速度で衝突するとする。すると、図8(b)に示すように、液滴1の衝突の際、液滴1の下部に、衝撃圧と呼ばれる圧力Pが生じる。次に図8(c)に示すように、この衝撃圧によって、水平方向の放射流と呼ばれる流れ  $V_f$  が生じる。さらに、液滴1は図8(d)に示すように変形し、半導体ウエハ5上の汚染物は、衝撃圧P、あるいはこの放射流  $V_f$  から受ける力によって除去される。

【0052】衝撃圧Pは、次の式で与えられる。

$$\text{【数1】} \quad P = \frac{1}{2} \alpha \rho_L C_L V_0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

式中、 $V_0$  は衝突速度、 $\rho_L$  は液体の密度、 $C_L$  は液体中

の音速度、 $\alpha$  は次式で示す低減係数を表わしている。

$$\text{【数2】} \quad \alpha = \frac{0.41}{1 + 0.59 \left( \rho_L C_L / \rho_S C_S \right)} \quad \dots \dots \dots (2)$$

式中、 $\rho_S$  は半導体ウエハ基板の密度、 $C_S$  は半導体ウエハ基板中の音速度を表わしている。

【0053】放射流の速度  $V_f$  は、次式で表わされる。

$$\text{【数3】} \quad V_f = (\alpha C_L V_0)^{1/2} \quad \dots \dots \dots (3)$$

【0054】半導体ウエハ5上の汚染物を仮に球形のパーティクルとすると、このパーティクルが受ける外力(除去力、または洗浄力)Dは、次式で表わされる。

$$\text{【数4】} \quad D = C_D \frac{\rho_L}{2} V_f^2 \frac{\pi}{4} d^2 \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{【数5】} \quad D = C_D \rho \frac{\pi}{4} d^2 \quad \dots \dots \dots (5)$$

式中、 $C_D$  は抗力係数、 $d$  はパーティクルの直径を表わしている。尚、[式4]と[式5]は、形が違うが、結果的に同じ値が得られる。これから分かるように、洗浄力Dは液滴の衝突速度  $V_0$  に比例しており、衝突速度  $V_0$  を上げると洗浄力Dは大きくなる。

【0055】洗浄力Dは液滴1の粒径には依存しないが、液滴1が衝突する面積(これは、汚染物の除去率に影響を及ぼす)が変化する。液体の供給量を一定とした場合、液滴1の粒径を小さくすると、液滴1の個数は粒径の3乗に反比例して増加し、一方、1個の液滴の衝突する面積は、粒径の2乗に比例して減少する。結果として、全体の液滴の衝突する面積が増加して、洗浄効果は高まる。また、このモデルは液滴、いわゆる液体の粒子だけでなく、従来の技術であるアイススクラバー洗浄の場合の氷粒子にも適用できる。氷粒子の場合は、氷粒子中の音速度  $C_i$  が、水等の液体中の音速度より大きいため、衝突速度が同じ場合、氷粒子の洗浄力は液滴よりも大きくなる。

【0056】上記モデルは液滴1が半導体ウエハ5の表面へ垂直に衝突する場合を想定しているが、実際には、ある角度を持たせているため、[式4]、[式5]は、各々次式で表わされる。

$$\text{【数6】} \quad D = C_D \frac{\rho_L}{2} V_f^2 \frac{\pi}{4} d^2 \sin^2(\theta) \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{【数7】} \quad D = C_D \rho \frac{\pi}{4} d^2 \sin^2(\theta) \quad \dots \dots \dots (7)$$

式中、 $\theta$  は半導体ウエハ5表面方向との液滴1の衝突角度を表わしている。

【0057】図9は液滴の衝突角度と洗浄力との関係を、汚染物の除去率によって示したグラフである。図9に示すように、液滴の衝突角度を大きくすると、サインカーブに従って、洗浄力は大きくなる。

【0058】図10は、各種洗浄方法におけるパーティクルの粒径とその除去率との関係を示すグラフである。図中ライン10-1は本発明の洗浄用2流体ジェットノズル10による洗浄、図中ライン10-2は従来の洗浄用2流体ジェットノズル70による洗浄、図中ライン10-3は従来の高圧ジェット水洗浄による除去率を示す曲線である。尚、従来の技術であるアイスクラバー洗浄については記載していないが、ライン10-1と同程度である。図10に示されているように、図中ライン10-3の高圧ジェット水洗浄では $1\mu\text{m}$ 以下のパーティクルが除去できない。また、図中ライン10-2の従来の洗浄用2流体ジェットノズル70による洗浄では、高圧ジェット水洗浄より洗浄力が高いが、 $0.1\mu\text{m}$ のパーティクルが除去できない。これに対し、図中ライン10-1の本発明の洗浄用2流体ジェットノズル10による洗浄は、これらより洗浄力が高く、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の

パーティクルの除去が可能である。

【0059】尚、上記実施の形態では、基板として半導体ウエハを例示したが、この発明はこれに限られるものではなく、液晶、フォトマスク等の基板の表面上に付着している汚染物を除去する場合にも適用することができる。

【0060】実施の形態2。図11は、この発明の他の実施の形態に係る、洗浄用2流体ジェットノズル20の断面図である。この洗浄用2流体ジェットノズル20は、ノズル先端の部分で液滴の加速を図る加速管21からなる加速部Aと、加圧されたガスと液体を混合して液滴を形成する混合管22を含む混合部Bとから構成されている。混合管22には、加圧されたガスの流入口2と、混合管22の側壁を貫通して混合管22中に液体の流入口3が開口し、その先端部分が混合管22と同軸状に配置された液体の流入管23が設けられている。

【0061】この洗浄用2流体ジェットノズル20の特徴は次のとおりである。加圧されたガス及び液体が混合される混合部B（図中b-d間）のうちの図中c-d間は、従来の技術と同様に、外管（第1の管路22）にガス、内管（第2の管路23）に液体が流れる2重管の構造になっており、違いとしては、この部分のガスが通過する第2の管路23の外側の、第1の管路22の内部断面積が、ノズル先端の加速管11（図中a-b間）の断面積よりも大きい点である。従って、ガスは、混合部B内の2重管のところで律速されることがなく、すなわち速度が制限されることがなく、従来の洗浄用2流体ジェットノズル70より低い供給圧力で大流量が得られるので、液滴の噴出速度が速く、洗浄力が高い。

【0062】また、この洗浄用2流体ジェットノズル2

0のもう1つの特徴は、混合部B内の第2の管路23の出口から先で、加速管21に接続されるまでの間（図中b-c間）で、第1の管路22が加速管21の断面積まで徐々に細くなっている点である。これにより、図中b-c間のガスの速度は、流体抵抗力の損失を受けることなく、徐々に速くなる。第2の管路23の出口3から吐出した液滴1は、このガスの流れにより徐々に加速され、より微細化される。従って、図1に示した実施の形態の洗浄用2流体ジェットノズル10よりも、液滴1の粒径が小さく、かつ液滴1の噴出速度が速くなり、洗浄力が高い。

【0063】この洗浄用2流体ジェットノズル20の具体的な例としては、ノズル先端の加速部A（図中a-b間）の長さが $100\text{mm}$ 、管内の断面積が $7\text{mm}^2$ であり、混合部B（図中b-d間）の図中b-c間の長さが $20\text{mm}$ 、図中c-d間の長さが $20\text{mm}$ 、図中c-d間の第2の管路23の外側のガスが流れる部分の断面積が $20\text{mm}^2$ 、ガスの流入口2の断面積が $20\text{mm}^2$ 、液体の流入口3の断面積が $3\text{mm}^2$ である。さらに第1の管路22と第2の管路23はともに円管形状で、混合部Bの図中c部において同心円状に配置されているものである。このように構成することにより、液滴がより微細化され、かつ液滴の噴出速度が速く、従って洗浄力の高い洗浄用2流体ジェットノズルを実現することができる。

【0064】実施の形態3。図12は、この発明の他の実施の形態に係る、洗浄用2流体ジェットノズル30の断面図である。この洗浄用2流体ジェットノズル30は、ノズル先端の部分で液滴の加速を図る加速管31からなる加速部A（図中a-b）と、加圧されたガスと液体を混合して液滴を形成する混合管32を含む混合部B（図中b-d）とから構成されている。混合管32には、加圧されたガスの流入口2と、混合管32の側壁を貫通して混合管32中に液体の流入口3が開口し、その先端部分が混合管32と同軸状に配置された液体の流入管33が設けられている。さらに、この液体の流入管33の中にガスの流入管34が同軸状に配置され、3重管構造になっている。加圧されたガス及び液体が混合された後の、混合部Bの図中b-c間と、ノズル先端の加速部A（図中a-b間）は、図11の実施の形態と同じである。

【0065】この洗浄用2流体ジェットノズル30の特徴は、次のとおりである。すなわち、この洗浄用2流体ジェットノズル30は、混合部Bの図中c-d間において、その中をガスが通過する第1の管路32と、第1の管路32の外側から、第1の管路32の側壁を貫通し、第1の管路32内にまでその先端部が延び、その中を液体が通過する第2の管路33と、さらに第2の管路33の外側から、第2の管路33の側壁を貫通し、第2の管路33内にまでその先端部が延び、その中をガスが通過



する第3の管路34とを備えている。また、第3の管路34の先端部と、第2の管路33の先端部は、第1の管路32が延びる方向と同じ方向に延びている。

【0066】図11に示した実施の形態と同様に、この3重管構造の部分、図中c-d間のガスが通過する第2の管路33の外側の、第1の管路32の内部断面積は、ノズル先端の加速部A（図中a-b間）の断面積よりも大きい。第3の管路34の先端部では、第3の管路34からでたガスと、第2の管路33内を流れる液体とが混合して液滴が形成され、第1の管路32内で更にガスの流れにより液滴の微細化が促進される。

【0067】結果として、図1あるいは図11で示した実施の形態の洗浄用2流体ジェットノズルによる液滴よりもより微細な液滴が得られ、また液滴の噴出速度が速くなる。具体的な例としては、従来の洗浄用2流体ジェットノズル70での液滴の粒径が約 $20\mu\text{m}$ 、図1で示した実施の形態の洗浄用2流体ジェットノズル10での液滴の粒径が約 $10\mu\text{m}$ 、図11で示した実施の形態の洗浄用2流体ジェットノズル20での液滴の粒径が約 $5\mu\text{m}$ 、図12で示した本実施の形態の洗浄用2流体ジェットノズル30での液滴の粒径が約 $2\mu\text{m}$ である。従って、本実施の形態の洗浄用2流体ジェットノズル30での洗浄力は、従来の洗浄用2流体ジェットノズル70はもとより、図1あるいは図11で示した実施の形態の洗浄用2流体ジェットノズルよりも高い。

【0068】実施の形態4. 図13は、この発明の他の実施の形態に係る、洗浄用2流体ジェットノズル40の構造を示す断面図である。この洗浄用2流体ジェットノズル40は、ノズル先端の部分で液滴の加速を図るラバーノズル形状の加速管41からなる加速部A（図中a-b）と、加圧されたガスと液体を混合して液滴を形成する混合管42を含む混合部B（図中b-d）とから構成されている。混合管42には、加圧されたガスの流入口2と液体の流入口3が設けられている。加圧されたガス及び液体が混合される混合部Bの管路42の図中b-c間の形状は、図11で示した実施の形態の第1の管路22と同じで、混合部Bの管路42の図中c-d間の形状は、図1で示した実施の形態の混合部Bの図中b-c間の形状と同じである。

【0069】本洗浄用2流体ジェットノズル40の特徴は、ノズル先端の加速部A（図中a-b間）の内径が、液滴の噴出口に向かって徐々に大きくなるラバーノズル形状になっている点である。この2流体ジェットノズル40のノズル先端の加速部A（図中a-b間）の長さは、実施の形態1の直管の場合と同様の理由で $30\sim 200\text{mm}$ が適当である。また、加速部Aの管内の断面積は、実施の形態1の直管の場合と同様の理由で、断面積が最小の絞り部（スロート部）すなわち図中b部で、 $3\text{mm}^2$ 以上必要である。また、実用的には $3\sim 10\text{mm}^2$ 程度が適当である。さらに、出口部、すなわち図中a部

での断面積は、少なくとも絞り部よりは大きく、 $3\text{mm}^2$ 以上必要である。実用的には、 $6\sim 20\text{mm}^2$ 程度が適当である。

【0070】一般にラバーノズル（ラバー管）はガスを管路の中で超音速に増速するためのものであるが、本洗浄用2流体ジェットノズル40は液滴を超音速まで増速させるために、形状の最適化を行っている。図7に見るように、十分な除去率を得るための液体の流量は約 $100\text{mL}/\text{min}$ 以上必要で、また、液体の流量が多い場合は、ランニングコストが高くなり経済的に得策ではないので、最適な液体の流量は $100\sim 300\text{mL}/\text{min}$ である。この流量の液滴を超音速まで加速させるための最小ガス流量は、 $200\sim 600\text{L}/\text{min}$ である。

【0071】このガス流量を、通常使用されるガスの供給圧力である最大 $7\text{kgf}/\text{cm}^2$ までの範囲で得るためには、2流体ジェットノズル40の加速管41の絞り部（スロート部）、図中b部の断面積を、 $3\sim 10\text{mm}^2$ あるいはそれ以上にしなければならない。また、2流体ジェットノズル40の加速管41の出口部、図中a部の断面積を、絞り部（スロート部）の断面積の2倍にすれば液滴を超音速まで加速可能であるので、出口部の断面積の最適値は $6\sim 20\text{mm}^2$ となる。この条件の2流体ジェットノズル40で、液滴1の噴出速度は、音速度の約1.5倍の約 $500\text{m}/\text{sec}$ に達する。この2流体ジェットノズル40は、上記のように液滴1を超音速で噴出することが可能であるので、アイスクレーパー洗浄や、従来の2流体ジェットノズル70、さらには図1、図11または図12で示した実施の形態の2流体ジェットノズルより洗浄力が高い。

【0072】実施の形態5. 図14は、この発明のさらに他の実施の形態に係る、洗浄用2流体ジェットノズル50の構造を示す断面図である。この洗浄用2流体ジェットノズル50は、ノズル先端の部分で液滴の加速を図る加速管51からなる加速部A（図中a-b）と、加圧されたガスと液体を混合して液滴を形成する混合管52を含む混合部B（図中b-d）とから構成されている。混合管52には、加圧されたガスの流入口2と液体の流入口3が設けられている。ノズル先端の加速部A（図中a-b間）、および加圧されたガス及び液体が混合される混合部B（図中b-c間）の形状は、図1に示した実施の形態と同じである。

【0073】本洗浄用2流体ジェットノズル50の特徴は、ノズル先端の加速部Aの出口、図中a部、あるいは図中a-b間に、噴出した液滴及びガスの噴流の方向を制御する整流板55を備えている点である。この整流板55は、洗浄用2流体ジェットノズル50の加速管51から噴出方向と直角に $10\sim 100\text{mm}$ の範囲で広がる平板である。

【0074】図15は、前記の洗浄用2流体ジェットノ

ズル 50 を備えた、例えば半導体ウエハ用の洗浄装置の構成を示す模式図である。この洗浄装置は、洗浄用 2 流体ジェットノズル 50 にガス、及び液体を加圧供給するガス供給手段 2 a、及び液体供給手段 3 a を備えている。また、この装置は、半導体ウエハ 5 を保持するステージ 6 と、ステージ 6 を回転させるモーター 7 と、洗浄時の水滴の飛散を防止する洗浄カップ 8 とを備えている。洗浄カップ 8 には排気口 9 が接続されている。また、洗浄用 2 流体ジェットノズル 10 を保持し、移動させるロボットアーム 4 を備えている。前記整流板 55 は、半導体ウエハ 5 表面から 5 ~ 50 mm 離れた位置に配置し、半導体ウエハの表面とほぼ並行に広がるように配置されている。

【0075】具体例としては、図 14、図 15 に示すように、整流板 55 はノズル出口先端に取付けられた半径 50 mm の円盤である。洗浄時、洗浄用 2 流体ジェットノズル 50 は半導体ウエハ 5 表面から 20 mm 離れた位置に垂直に配置され、半導体ウエハ 5 の表面全体を洗浄するため、表面に沿って横移動する。つまり、整流板 55 は半導体ウエハ 5 の表面と 20 mm 離れた位置に平行に配置されている。

【0076】洗浄用 2 流体ジェットノズル 50 から噴出した液滴 1 とガスの流れ（噴流）は、一旦半導体ウエハ 5 の表面に衝突し、上方へ飛散しようとするが、整流板 55 により抑さえられて、半導体ウエハ 5 の表面に沿って分散する。洗浄用 2 流体ジェットノズル 50 から噴出した直後の噴流は高速であるが、整流板 55 の整流効果により整流板 55 の周囲での噴流は低速になる。具体的な例としては、ノズル先端の加速部 A（図中 a - b 間）の長さが 100 mm、管内の断面積が 7 mm<sup>2</sup> で、ガスの流量を 150 L/min、液体の流量を 100 mL/min とした場合、噴出した直後の噴流の速度は、音速度の 330 m/sec であるが、整流板 55 の周囲での噴流の速度は、0.4 m/sec となる。

【0077】整流板がない場合は、洗浄用 2 流体ジェットノズルから噴出した液滴とガスの流れ（噴流）は、半導体ウエハ 5 の表面から反射して上方へ飛散する。半導体ウエハ 5 の表面に付着している汚染物は、液滴の衝突により半導体ウエハ 5 の表面より一旦は除去されるが、液滴とともに上方へ飛散した後、半導体ウエハ 5 の表面に付着し、半導体ウエハ 5 を汚染させる。従って、整流板 55 がない場合は、洗浄用 2 流体ジェットノズル 50 から噴出した液滴とガスの流れ（噴流）、及び除去された汚染物を、速やかに半導体ウエハ 5 の表面上から排除するために、洗浄用 2 流体ジェットノズルの噴出角度を 60° 以下にし、これと対向した位置で大流量の排気を行っている。

【0078】整流板 55 を備えることによって上記の問題は解決されるため、洗浄用 2 流体ジェットノズルの噴出角度を 90°（垂直方向）にすることが可能で、洗浄

力が高くなる。また、整流板 55 の近傍では噴流の速度を遅くするので、排気量を少なくすることが可能である。具体的には、図 18 で説明した従来の洗浄用 2 流体ジェットノズル 70 の場合、排気量は約 5 m<sup>3</sup>/min 以上必要であるが、本発明の洗浄用 2 流体ジェットノズル 50 の場合は 2 m<sup>3</sup>/min 以下で十分である。

【0079】整流板 55 の位置は、半導体ウエハ 5 の表面からあまり離れると、噴流の飛散を抑えさせる効果が小さくなり、また、半導体ウエハ 5 の表面からあまり近づく、整流板 55 と半導体ウエハ 5 の表面との間を流れるガスの流体抵抗力が大きくなるので、液滴の噴出速度が遅くなる。このため、整流板 55 の位置は、半導体ウエハ 5 の表面から 5 ~ 50 mm 離れた所が最適である。

【0080】また、整流板 55 の形状は本実施の形態のような円盤の場合、その直径が小さいと、噴流の飛散を抑えさせる効果が小さくなり、また、その直径があまり大きいと、現実的な装置構成上の取付け、及びロボットアーム 4 での移動が困難になる。このため、整流板 55 の形状が円盤の場合、その半径は実用的に 10 ~ 100 mm が適当である。

【0081】実施の形態 6. 図 16 は、この発明のさらに他の実施の形態に係る、洗浄用 2 流体ジェットノズル 60 の構造を示す断面図である。この実施の形態は、変形された整流板を有するノズルを示す。この洗浄用 2 流体ジェットノズル 60 は、加速管 61 からなる加速部 A（図中 a - b）と、混合管 62 を含む混合部 B（図中 b - d）と、加速管 61 の先端に設けられた整流板 65 とから構成されている。混合管 52 には、加圧されたガスの流入口 2 と液体の流入口 3 が設けられている。ノズル先端の加速部 A（図中 a - b 間）、および加圧されたガス及び液体が混合される混合部 B（図中 b - c 間）の形状は、図 14 に示した実施の形態と同じである。図 16（b）は、図 16（a）の紙面に垂直な方向の整流板 65 の断面図、図 16（c）は、液滴の噴射方向と逆方向にノズル 60 を見た場合の整流板 65 と加速管 61 の端面の図である。

【0082】この洗浄用 2 流体ジェットノズル 60 に備えている整流板 65 は、液滴の噴射方向に開口すると共に、一方の側面のみが開口した箱型の形状を有する。開口された一方の側面は、排気口 9 の方向に向くようにして使用される。この場合、整流板 65 の整流効果により、洗浄用 2 流体ジェットノズル 60 から噴出された噴流の速度は整流板 65 の付近では遅くなり、かつ噴流の大部分は、整流板 65 の開口された一方の側面から排気口 9 へ向かって流れる。このため、排気効率が更に向上して、排気量を少なくすることが可能である。以上のように、ノズルの先端またはその近傍に半導体基板など被洗浄材から反射してくるガスおよび液滴の噴流を止める整流板を設けることにより、排気効率が向上するため、洗浄装置の排気量が少なくても十分な洗浄効果を上げるこ

とができる。

### 【0083】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルでは、加圧されたガスと液体とを混合して液滴を形成する混合部のガス流通路の最小部分の断面積を、液滴を気中に噴射する加速部の流路の断面積の最小部分より大きくしたので、低いガス圧でも液滴の噴射速度を高め、強力な洗浄を行うことができる。また、加速部を円形の直管形状にし、あるいはその形状を最適化したので、さらに高速の液滴噴射ができる。

【0084】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルでは、加速部を、その内径が混合部との接続側から液滴の噴出方向に向かって徐々に大きくなるラバーノズル形状とし、またその形状を最適化したので、音速を超える液滴の噴射を実現することができる。

【0085】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルでは、加圧ガスと液体との混合部の形状を円形の直管形状とし、またその形状を最適化したので、液滴を最適に形成し、洗浄効果を高めることができる。

【0086】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルでは、混合部を、加速部と接続する方向に徐々に断面積を縮小するように形成し、またその形状を最適化したので、液滴の微細化をはかり、かつ高速の液滴噴射を行うことができる。

【0087】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルでは、混合部に供給されるガス流入口の断面積および液体の流入口の断面積を最適化したので、液滴の効果的に微細化して洗浄効果を高めることができる。

【0088】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルでは、加圧ガスと液体の混合部を、ガスが通過する外管と、この外管の中においてガスの通過方向に液体を噴出する内管とを備えた2重構造にしたので、効果的に微細な液滴を形成し、洗浄効果を上げることができる。

【0089】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルでは、加圧ガスと液体の混合部を、ガスが通過する外管と、この外管の中に配設され液体を噴出する内管と、さらにこの内管の中に配設されガスを噴出する第3の管とを備えた3重構造にしたので、液滴の形成が効果的に行え、かつその微細化を図ることができる。

【0090】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルでは、加速部の先端部付近に、液滴の噴出方向と略直交する方向に整流板を備え、またその形状を最適化したので、半導体基板等の表面に損傷を与えずに、基板等の表面上に付着している汚染物を除去できる。

【0091】また、この発明の洗浄装置では、上述のような洗浄用2流体ジェットノズルの動作を生かして、半導体基板等の付着異物を強力に除去できる。また、整流板を備えた洗浄用2流体ジェットノズルを用いることにより、液滴の飛散を防止でき、排気量を少なくすることができる。

【0092】また、この発明の洗浄用2流体ジェットノズルおよび洗浄装置では、2流体ジェットノズルに供給するガス及び液体の供給圧力を適切に選択するので、上述したような洗浄用2流体ジェットノズルおよびこれを用いた洗浄装置の効果を適切に発揮させ、強力な洗浄を行うことができる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1に係る洗浄用2流体ジェットノズルの構造を示す断面図である。

【図2】 この発明の実施の形態の洗浄用2流体ジェットノズルを備えた洗浄装置の構成を示す模式図である。

【図3】 洗浄用2流体ジェットノズルのガスの供給圧力とガスの流量との関係（流量特性）を示すグラフである。

【図4】 洗浄用2流体ジェットノズルのガスの供給圧力と液滴の噴出速度との関係を示すグラフである。

【図5】 この発明の洗浄用2流体ジェットノズルのノズル先端の加速部の長さ（長さ）と液滴の噴出速度との関係を示すグラフである。

【図6】 洗浄用2流体ジェットノズルの液滴の噴出速度と洗浄力または汚染物の除去率との関係を示すグラフである。

【図7】 この発明の洗浄用2流体ジェットノズルのノズル先端の加速部の管内の断面積を変化させた場合の、液体の流量と汚染物の除去率との関係を示すグラフである。

【図8】 この発明の洗浄用2流体ジェットノズルの動作、作用の基本的概念を説明するための図である。

【図9】 洗浄用2流体ジェットノズルの液滴の衝突角度と洗浄力または汚染物の除去率との関係を示すグラフである。

【図10】 各種洗浄方法におけるパーティクルの粒径とその除去率との関係を示すグラフである。

【図11】 この発明の実施の形態2に係る、洗浄用2流体ジェットノズルの構造を示す断面図である。

【図12】 この発明の実施の形態3に係る、洗浄用2流体ジェットノズルの構造を示す断面図である。

【図13】 この発明の実施の形態4に係る、洗浄用2流体ジェットノズルの構造を示す断面図である。

【図14】 この発明の実施の形態5に係る、洗浄用2流体ジェットノズルの断面図である。

【図15】 この発明の実施の形態に係る、洗浄用2流体ジェットノズルを備えた洗浄装置の構成を示す模式図である。

【図16】 この発明の実施の形態6に係る、変形された整流板を有する洗浄用2流体ジェットノズルの構造を示す断面図である。

【図17】 従来の高圧ジェット水洗浄装置の模式図である。

【図18】 従来の洗浄用2流体ジェットノズルの断面

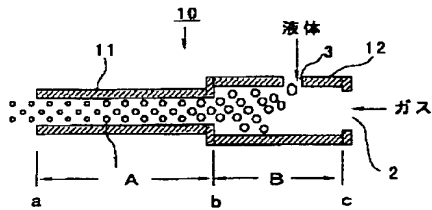
図である。

【図19】 従来の洗浄用2流体ジェットノズルを備えた洗浄装置の模式図である。

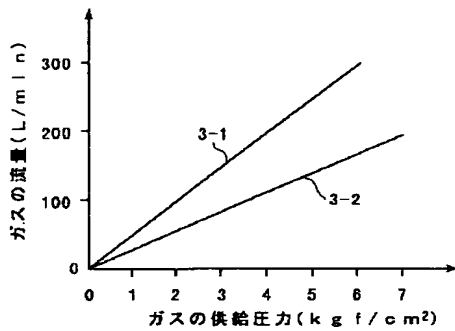
【符号の説明】

10, 20, 30, 40, 50, 60 洗浄用2流体ジェットノズル、11, 21, 31, 41, 51, 61 \*

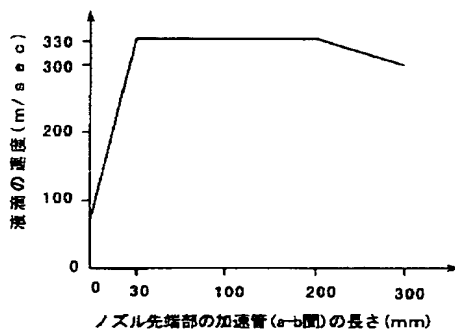
【図1】



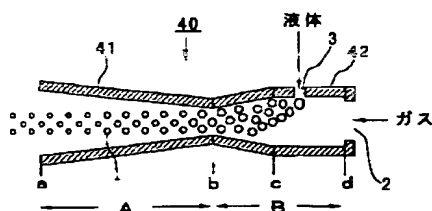
【図3】



【図5】

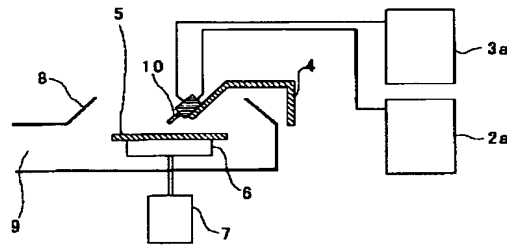


【図13】

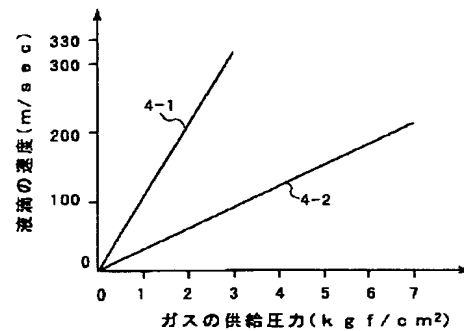


\* 加速管、12, 22, 32, 42, 52, 62 混合管 (第1管路)、23, 33 第2管路、34 第3管路、55、65 整流板、2 ガス流入口、3 液体流入口、2a ガス供給手段、3a 液体供給手段、A 加速部、B 混合部。

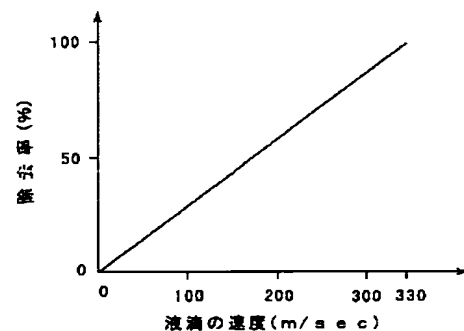
【図2】



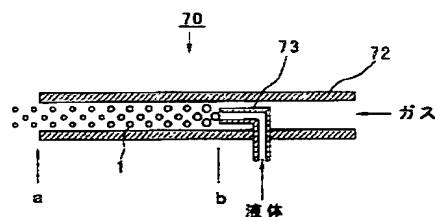
【図4】



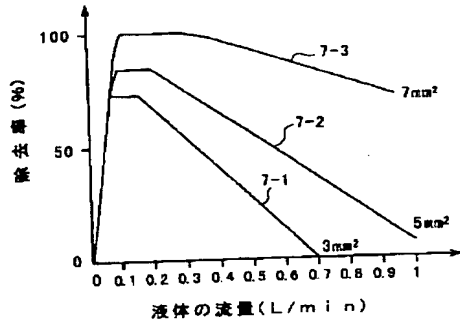
【図6】



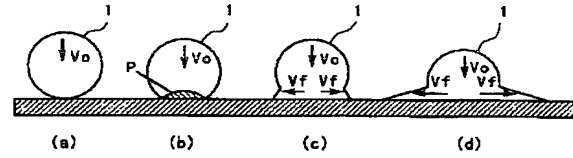
【図18】



【図7】

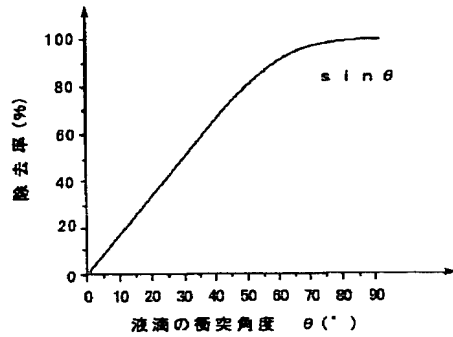


【図8】

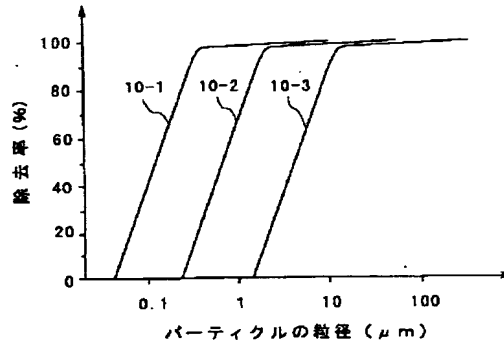


- (a) 液滴粒子の基板への衝突 (衝突速度:  $V_0$ )  
 (b) 液粒子内の圧力上昇 (衝撃圧:  $P$ )  
 (c) 液粒子の変形、水平方向への運動 (放射流:  $V_f$  の発生)  
 (d) 汚染物への連続的外力の発生、汚染物の移動 (除去)

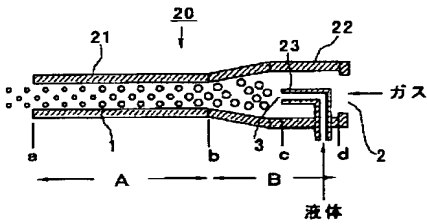
【図9】



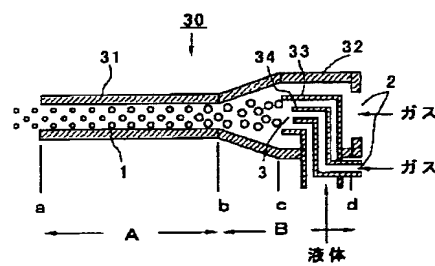
【図10】



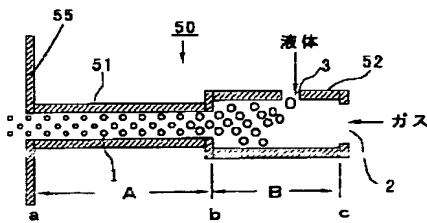
【図11】



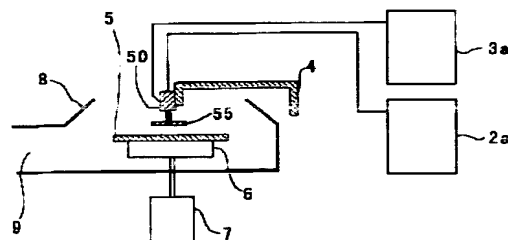
【図12】



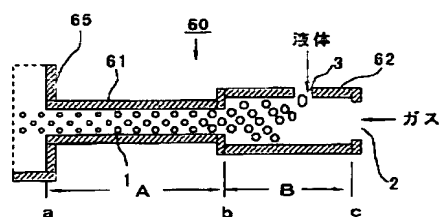
【図14】



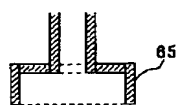
【図15】



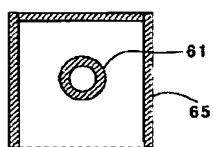
【図 16】



(a)

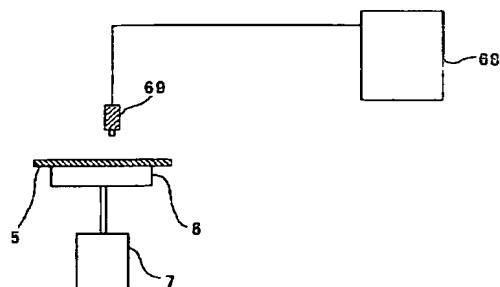


(b)

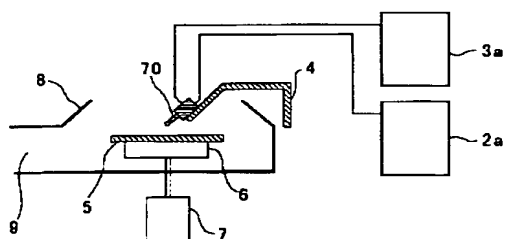


(c)

【図 17】



【図 19】



フロントページの続き

(72)発明者 小川 光博  
大阪府大阪市西区靱本町二丁目 4 番 11 号  
大陽東洋酸素株式会社内

(56)参考文献 特開 平 8-89911 (J P, A)  
特開 平 8-195377 (J P, A)  
特開 平 8-318181 (J P, A)  
特開 平 2-257632 (J P, A)  
実公 昭 63-37093 (J P, Y 1)  
西独国特許出願公開 19544353 (D E, A 1)  
英国特許出願公開 1507650 (G B, A)

(58)調査した分野(Int. Cl. <sup>7</sup>, D B 名)

B05B 7/00 - 7/32  
B05B 1/02 102  
B08B 3/02  
H01L 21/304 - 21/306